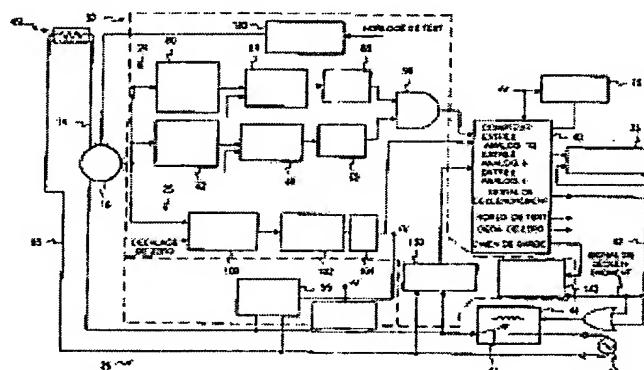


Equipment for detecting arcs and communicating subsequent switch operations, comprises current detector, broad band noise detection circuits, microcontroller and switching data communication channel**Patent number:** FR2802721**Publication date:** 2001-06-22**Inventor:** DVORAK ROBERT; GRATTAN BRIAN; HAUN ANDY;
SCOTT GARY W; WONG KON**Applicant:** SQUARE D CO (US)**Classification:**- **International:** H02H3/08- **European:** H02H1/00C2**Application number:** FR20000016479 20001218**Priority number(s):** US19990466362 19991217**Also published as:**

CA2328218 (A1)

Abstract of FR2802721

A circuit (14,18) is fitted with a rate of change of current sensor (16) which supplies broad band noise detection circuits (80,82). The signals enter a microcontroller (40) which also receives current (26) and voltage (130) data and decides if a switch (47) operation is necessary. A communication channel (35) allows a user to be informed of switch operations subsequent to an arc diagnosis

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 802 721

(21) N° d'enregistrement national :
00 16479

(51) Int Cl⁷ : H 02 H 3/08

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 18.12.00.

(30) Priorité : 17.12.99 US 09466362.

(71) Demandeur(s) : SQUARE D COMPANY — US.

(43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 22.06.01 Bulletin 01/25.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(72) Inventeur(s) : HAUN ANDY, GRATTAN BRIAN,
WONG KON, DVORAK ROBERT et SCOTT GARY W.

(73) Titulaire(s) :

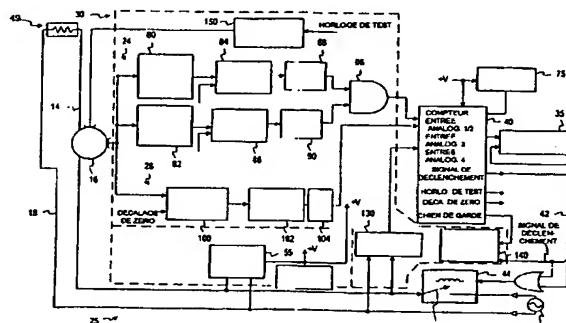
(74) Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

(54) SYSTEME ET PROCEDE D'INTERRUPTION D'UN CIRCUIT EN CAS DE PANNEES PAR FORMATION D'ARC.

(57) L'invention concerne l'interruption d'un circuit en cas de panne.

Elle se rapporte à un système qui comprend un détecteur (24, 26) par formation d'arc qui contrôle le circuit électrique et un organe (40) de commande qui crée un signal de déclenchement à la suite de la détection de pannes par formation d'arc, l'organe (40) de commande créant aussi un ou plusieurs signaux de communication correspondant aux informations liées au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, et une voie (35) de communication qui communique à un utilisateur des informations relatives au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc en réponse aux signaux de communication.

Application à la protection des circuits électriques.



La présente invention concerne la protection des circuits électriques et, plus précisément, la détection des pannes électriques du type connu sous le nom de "pannes par formation d'arc" dans un circuit électrique et, plus précisément, des opérations de test, de réarmement et de communication exécutées dans un interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, muni d'une mémoire et/ou d'une alimentation de secours.

Les installations électriques des applications résidentielles, commerciales et industrielles comportent habituellement un tableau de commande destiné à recevoir l'énergie électrique d'un fournisseur d'électricité. L'énergie est alors acheminée par l'intermédiaire de dispositifs de protection au circuit désigné de dérivation qui alimente une ou plusieurs charges. Ces dispositifs de protection contre les surintensités sont habituellement des interrupteurs de circuit, tels que des disjoncteurs et des fusibles, destinés à interrompre la circulation du courant électrique lorsque les limites des conducteurs alimentant les charges sont dépassées.

Les disjoncteurs constituent un type préféré d'interrupteur de circuit car leur mécanisme de réarmement permet leur réutilisation. Par exemple, les disjoncteurs ouvrent un circuit électrique à la suite d'une condition de déclenchement ou de déconnexion, par exemple d'une surcharge en courant ou d'une panne par mise à la masse. La condition de surcharge de courant apparaît lorsque le courant dépasse une valeur nominale continue du disjoncteur pendant un intervalle de temps déterminé par le courant de déclenchement. Une condition de déclenchement à la suite d'une panne par mise à la masse est créée par un déséquilibre des courants circulant entre un conducteur de ligne et un conducteur neutre, pouvant être provoqué par un courant de fuite ou une panne par mise à la masse par formation d'un arc.

Les pannes de création d'arc sont habituellement définies comme étant un courant circulant dans un gaz ionisé entre deux extrémités d'un conducteur rompu ou au niveau d'un contact ou d'un connecteur défectueux, entre deux

conducteurs alimentant une charge, ou entre un conducteur et la masse. Cependant, de telles pannes par formation d'arc peuvent ne pas provoquer le déclenchement d'un disjoncteur classique. Les intensités des courants des pannes par formation d'arc peuvent être réduites, par une impédance de charge ou en dérivation, à une valeur inférieure au réglage de la courbe de déclenchement du disjoncteur. En outre, une panne par formation d'arc qui n'est pas au contact d'un conducteur à la masse ou d'une personne ne provoque pas un déclenchement de l'organe de protection contre les pannes par mise à la masse.

Il existe deux types de pannes par formation d'arc dans les circuits et câblages électriques : les pannes en parallèle et en série.

La création d'un arc en parallèle se produit lorsqu'il existe un arc entre deux fils ou entre un fil et la masse et le courant est limité par l'impédance de la source de tension, le fil et l'arc. Lorsque la panne apparaît avec une connexion continue et la tension de l'arc est faible, le disjoncteur normal se déclenche très rapidement avec un faible chauffage du fil ou une faible détérioration à l'emplacement de l'arc. Cependant, il peut arriver que l'arc fasse éclater les éléments défectueux en créant une plus grande tension d'arc et en réduisant le courant de panne en deçà de la courbe de déclenchement, créant ainsi des "pannes à cliquetis". Les conséquences de la détérioration par un arc parallèle sont habituellement bien supérieures à celles des arcs en série. Le courant moyen peut ne pas suffire pour le déclenchement d'un disjoncteur classique par chauffage de la bande bimétallique ou le courant de crête peut ne pas atteindre une valeur suffisante pour déclencher le verrou magnétique de déclenchement. Ce phénomène rend raisonnablement efficace le disjoncteur classique pour la protection contre les arcs en parallèle lorsque le courant de crête est de quelques centaines d'ampères. Malheureusement, le courant de panne peut être limité par un circuit ayant une impédance trop grande pour que le disjoncteur thermomagnétique se déclenche immédiatement. L'arc en parallèle est en général

plus dangereux que l'arc en série. L'énergie libérée dans l'arc est bien supérieure, les températures dépassant souvent 5 500 °C. Ce phénomène provoque la pyrolyse ou la carbonisation de l'isolant, avec création de trajets conducteurs de carbone et projection de métal chaud qui peut rencontrer des matières inflammables.

L'arc en série commence par la corrosion dans les connexions entre les fiches et les prises ou les connexions ayant du jeu en série avec les charges électriques. La chute de tension dans une mauvaise connexion commence à quelques centaines de millivolts et provoque un chauffage lent avec oxydation ou pyrolyse des matériaux environnants. La chute de tension augmente jusqu'à quelques volts, moment auquel elle forme une "connexion luminescente" et commence à dégager de la fumée à partir de l'isolant polymère voisin. Un courant d'arc en série est habituellement limité à une valeur modérée par l'impédance de la charge électrique qui est connectée au circuit. La quantité d'énergie d'un arc en série est habituellement très inférieure à celle d'une panne d'arc en parallèle. Comme le courant de crête ne dépasse pas habituellement le courant nominal de la charge, l'arc en série est beaucoup plus difficile à détecter que l'arc en parallèle. La signature de l'arc en série est une variation inhabituelle du courant normal de la charge. L'arc en série est habituellement tel que le courant de l'arc reste bien en deçà de la courbe de déclenchement du disjoncteur. Des pattes de bornes desserrées, des prises électriques mal montées ou connectées de façon erronée, des fils conducteurs brisés dans un fil constituent des sources habituelles de tels arcs. Ces arcs provoquent des chutes de tension et un chauffage du fil, de la fiche ou de la patte de borne, et ce chauffage peut provoquer une défaillance des composants et créer des sources d'inflammation.

Il existe de nombreuses conditions qui peuvent créer une panne par formation d'un arc. Par exemple, des câblages, connecteurs, contacts ou isolants corrodés, usés ou vieillis, des connexions desserrées, des câblages détériorés par des clous ou des agrafes placés dans l'isolant, ou des

contraintes électriques provoquées par une surcharge répétée, des éclairs, etc. constituent des exemples. Ces pannes peuvent détériorer l'isolant du conducteur et provoquer la mise du conducteur à une température inacceptable.

5 Des dispositifs classiques de protection contre les surintensités utilisés dans les disjoncteurs sont sensibles à l'effet de chauffage d'un courant dans un fil résistif et peuvent provoquer un "déclenchement thermique" du disjoncteur, mais ils ne sont pas sensibles au courant des arcs provoquant des projections. L'invention concerne une meilleure solution qui est l'interruption de l'arc lorsqu'il se produit, avant d'attendre le déclenchement thermique du disjoncteur du circuit. Jusqu'à une période récente, de telles possibilités de détection d'arc n'étaient pas disponibles 10 dans les disjoncteurs ou relais. Des interrupteurs de circuit en cas de pannes par mise à la masse (GFCI) destinés à la protection des personnes ont été disponibles dans les habitations depuis le début des années 1970. Dans des conditions idéales, de tels interrupteurs de circuit en cas 15 de pannes par mise à la masse peuvent détecter des arcs entre une phase et la masse avec une intensité aussi faible que 6 mA, mais ne peuvent pas détecter les arcs en série ou améliorer les temps de déclenchement en cas de panne entre 20 une ligne et le neutre.

25 Les technologies de détection des pannes par formation d'arc constituent une innovation très intéressante pour la protection des circuits aux Etats-Unis d'Amérique. On a constaté que des interrupteurs de circuit en cas de pannes par formation d'arc (AFCI) pouvaient être réalisés pour la 30 détection d'un arc en série ou en parallèle, ainsi que des arcs entre la ligne et le neutre par "écoute" des signatures originales créées par les arcs. Un interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc est un dispositif destiné à assurer la protection contre les effets des pannes 35 par formation d'arc, par reconnaissance de caractéristiques propres aux arcs et par désexcitation du circuit lors de la détection d'une panne par formation d'arc.

Les disjoncteurs classiques ont été historiquement la meilleure protection disponible pour les câblages. Les normes actuelles de réalisation reposent sur des technologies qui datent d'une quarantaine d'années. Dans les disjoncteurs, la protection est habituellement assurée de deux manières. Les courants de court-circuit commandent un verrou magnétique de déclenchement, alors que les courants de surcharge commandent soit un verrou à bande bimétallique, soit un plongeur magnétique à amortissement hydraulique. Le "déclenchement instantané" représente l'action de déclenchement magnétique en cas d'intensité élevée déterminée dans certains des disjoncteurs, mais pas tous. Le temps nécessaire avant déclenchement en cas de surcharge est déterminé par le temps qu'il faut pour chauffer un élément bimétallique à la température qui déverrouille le disjoncteur. Plus le courant qui chauffe l'élément bimétallique est élevé et plus le temps qu'il faut pour déclencher le disjoncteur est court. Un disjoncteur de type hydraulique-magnétique contient un noyau magnétique enfermé de manière étanche dans du fluide et qui se déplace vers une position de déclenchement en fonction du carré du courant. Ces dispositifs d'interruption de circuit sont sélectionnés par des bureaux d'études pour la protection du câblage contre la surchauffe ou la fusion. Lors des pannes par formation d'arc, ces courants sont habituellement petits, de courte durée et très inférieurs à la courbe de protection prévue dans ces disjoncteurs.

La création d'un arc dans un circuit alternatif présentant une panne se produit habituellement sporadiquement à chaque demi-cycle de la forme d'onde de tension. L'événement complexe de création d'arc provoque un arc de pulvérisation qui fait varier le courant pour les diagrammes normaux de charge. Le précurseur de l'arc peut être une connexion de résistance élevée qui forme un "contact luminescent", puis un arc en série, ou une piste carbonée qui provoque la création d'un arc en parallèle ou entre deux lignes. Dans un disjoncteur d'habitation équipée d'un interrupteur de circuit en cas de pannes par mise à la masse

(GFCI), une piste carbonée ou humide peut être détectée de façon précoce lorsque le court-circuit est réalisé avec la masse. Etant donné l'introduction des disjoncteurs AFCI, la protection contre les courts-circuits entre deux lignes, 5 autres que la masse, peut aussi être détectée et peut provoquer une interruption.

Dans un interrupteur en cas de panne par formation d'arc selon l'invention, des dispositifs électroniques supplémentaires contrôlent à la fois la tension de ligne et 10 les "signatures" du courant. Dans un circuit fonctionnant normalement, les fluctuations normales du courant produisent des signatures qui ne peuvent pas être confondues avec un arc. Les courants d'amorçage, les signatures de commutation et les changements de charge (événements normaux ou de "bon 15 arc") peuvent être programmés numériquement dans l'interrupteur de circuit en cas de pannes par mise à la masse par des formes d'onde de signatures normales. Les écarts ou changements par rapport à ces signatures "normales" sont contrôlés par des circuits électroniques et des algorithmes 20 permettant la détermination de l'apparition d'un arc. Lorsque ces signatures de pannes par formation d'arc sont reconnues, le circuit est interrompu et l'alimentation est supprimée. La vitesse de cette détection ainsi que l'amplitude 25 de l'arc peuvent être des paramètres programmables au moment de la fabrication. Les signatures particulières identifiées comme étant des arcs font partie de la technologie de détection de panne par formation d'arc propriété de Square D Company.

Les disjoncteurs de circuit en cas de pannes par mise 30 à la masse du commerce, approuvés par l'organisme UL, sont disponibles dans le commerce. Ils sont maintenant prévus dans la norme NEC et seront obligatoires dans les circuits des chambres à coucher des habitations en 2002. Comme les charges électriques des installations résidentielles peuvent beaucoup varier, celles-ci sont réalisées pour permettre une combinaison presque infinie de charges électriques. Cette 35 programmation des interrupteurs de circuit en cas de pannes par mise à la masse est combinée à des interrupteurs de

5 circuit en cas de pannes par mise à la masse ainsi qu'à des éléments fonctionnant en cas de surcharge magnétique et thermique. Ils peuvent être réalisés pour s'adapter à la configuration des disjoncteurs résidentiels normaux et fonctionner à leur place.

10 En résumé, la chaleur, les arcs ou un allumage électrique sont souvent provoqués par des connexions desserrées, ou des fils en court-circuit ou interrompus dans le circuit de distribution d'énergie électrique. Dans le cas des câblages, les vibrations, les variations extrêmes de température et d'humidité, un mauvais entretien et une mauvaise réparation contribuent aux pannes des circuits de câblage. Ces pannes provoquent des arcs et peuvent enflammer des éléments combustibles. En outre, des pistes carbonées dues 15 à la chaleur dégagée par l'arc peuvent détériorer l'isolant du fil, exposer les conducteurs et provoquer la formation de courts-circuits intermittents entre des fils individuels. Ces courts-circuits entre des fils peuvent provoquer des détériorations et des défauts de fonctionnement. L'élimination ou la réduction de ces risques par la technologie de maîtrise des pannes par formation d'arc, qui doit devenir 20 une priorité dans l'industrie, constitue l'un des aspects de l'invention.

25 L'invention a pour objet de façon générale un perfectionnement apporté à un système interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc qui détecte de manière fiable les conditions de pannes par formation d'arc qui peuvent être ignorées par les interrupteurs classiques de circuit.

30 Elle a aussi pour objet l'incorporation, à un système de détection de pannes par formation d'arc, tel qu'un interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, des caractéristiques de test, de réarmement et de communication, de mémoire et/ou d'alimentation de secours.

35 Elle a aussi pour objet la réalisation d'un système interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc qui utilise un nombre minimal de composants électroniques

très fiables, afin qu'il soit relativement simple tout en ayant un fonctionnement très fiable.

Dans un premier aspect, l'invention concerne un système à interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc destiné à être utilisé avec un circuit électrique, qui comprend un détecteur par formation d'arc qui contrôle le circuit électrique et un organe de commande qui crée un signal de déclenchement à la suite de la détection de pannes par formation d'arc, l'organe de commande créant aussi un ou plusieurs signaux de communication correspondant aux informations liées au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, et une voie de communication qui communique à un utilisateur des informations relatives au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc en réponse aux signaux de communication.

Dans un autre aspect, l'invention concerne un système à interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc destiné à être utilisé avec un circuit électrique, qui comprend un détecteur de pannes par formation d'arc qui contrôle le circuit électrique et un organe de commande qui crée un signal de déclenchement à la suite de la détection de pannes par formation d'arc, et un interrupteur de réarmement et un interrupteur d'auto-test, ainsi qu'un seul élément de commande accessible par l'utilisateur et destiné à activer sélectivement l'un au moins des interrupteurs parmi les interrupteurs de réarmement et d'auto-test.

Dans un autre aspect, l'invention concerne un système à interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc destiné à être utilisé avec un circuit électrique, qui comprend un détecteur de pannes par formation d'arc qui contrôle le circuit électrique et un organe de commande qui crée un signal de déclenchement en réponse à la détection de pannes par formation d'arc, et une mémoire destinée à conserver des informations prédéterminées relatives à l'état et au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, la mémoire étant couplée à l'organe de commande pendant le fonctionnement.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'exemples de réalisation, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

5 la figure 1 est un diagramme synoptique simplifié d'un mode de réalisation de système de détection de pannes par formation d'arc selon l'invention ;

10 la figure 2 est un schéma simplifié d'un autre mode de réalisation de système de détection de pannes par formation d'arc selon l'invention ;

la figure 3 est un diagramme synoptique d'un système de détection de pannes par formation d'arc représentant d'autres détails dans un mode de réalisation de circuit détection de pannes par formation d'arc ;

15 la figure 4 est un schéma simplifié représentant des communications avec le système de détection de pannes par formation d'arc, à l'aide d'un dispositif de communication sans fil à ligne de visée ;

20 la figure 5 est un schéma simplifié représentant des communications avec un système de détection de pannes par formation d'arc par l'intermédiaire d'un circuit associé d'alimentation mettant en oeuvre le protocole X-10 ou analogue ;

25 la figure 6 est un schéma simplifié représentant des communications avec une unité de détection de pannes par formation d'arc par utilisation d'un émetteur à hautes fréquences ;

30 la figure 7 est un schéma simplifié représentant les communications avec un dispositif de détection de pannes par formation d'arc à l'aide d'un émetteur infrarouge ;

la figure 8 est un schéma simplifié représentant les communications avec un dispositif de détection de pannes par formation d'arc par mise en oeuvre d'un émetteur fonctionnant avec le protocole X-10 ou un protocole analogue ;

35 la figure 9 est un diagramme synoptique partiel simplifié d'une variante de la mémoire de la figure 3 ;

la figure 10 est un diagramme synoptique partiel représentant une variante de la mémoire de la figure 3 ;

la figure 11 est une coupe partielle d'un exemple de bouton combiné de test et de réarmement destiné à un interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc dans un mode de réalisation de l'invention ;

5 la figure 12 est une coupe partielle analogue à la figure 8 d'une variante d'un bouton combiné de test et de réarmement ; et

la figure 13 est une coupe partielle d'un autre mode de réalisation de bouton combiné de test et de réarmement.

10 On se réfère maintenant aux dessins et d'abord à la figure 1 qui représente un système de détection de pannes par formation d'arc dans un mode de réalisation de l'invention, sous forme de diagramme synoptique. Un circuit alternatif 12 à 120 V possède un conducteur de ligne 14 et un conducteur neutre 18. Un capteur 16, qui peut être sous forme d'un enroulement di/dt , est associé au conducteur 14 de ligne et transmet un signal de sortie à un circuit détection de pannes par formation d'arc ou à un interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc 25 (AFCI).
15 Ce circuit 25 possède des sorties respectives de déclenchement 42 et de communication 45 qui sont couplées à une voie 35 de communication. La sortie 42 de déclenchement peut aussi être couplée afin qu'elle active ou déclenche, directement ou indirectement, un dispositif d'interruption de circuit destiné à interrompre la circulation du courant dans le circuit alternatif 12 à 120 V lorsqu'une panne par formation d'arc est détectée, comme indiqué par la référence 43.

20 La voie 35 de communication, comme indiqué sur la figure 2, peut aussi recevoir uniquement les signaux de communication de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc 25 et, dans ce cas, la ligne 45 de communication transmet, en plus d'autres informations comme décrit dans la suite, un signal qui convient à la voie 35 de communication, ce signal indiquant lorsque le signal de déclenchement a été transmis par la sortie 42 de signal de déclenchement.

25 On se réfère maintenant à la figure 3 qui représente, sous forme de diagramme synoptique, d'autres détails de

l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc 25. Le capteur di/dt 16 peut comprendre un enroulement toroidal ayant un noyau annulaire qui entoure le conducteur de ligne 14, avec un enroulement toroïdal de détection enroulé en hélice sur le noyau. Dans le capteur 16, le noyau peut être formé d'un matériau magnétique, tel qu'une ferrite, du fer ou une poudre perméable moulée, si bien que le capteur peut répondre à des changements rapides de flux. Un entrefer peut être taillé dans le noyau dans certains cas afin que la perméabilité soit réduite, et le matériau du noyau est tel qu'il ne se sature pas en présence d'un courant d'intensité relativement élevée, produit par certaines formes d'arc, si bien que la détection de l'arc est encore possible.

Le capteur di/dt 16 donne un signal à un circuit de détection de pannes par formation d'arc 25 qui, dans ce mode de réalisation, comporte un circuit détecteur de bruit à large bande et un circuit 26 détecteur de panne de courant qui, dans ce mode de réalisation, est un circuit de mesure de courant. Dans le mode de réalisation représenté, tous les composants des circuits détecteurs 24 et 26 ainsi que certains autres composants du circuit décrit dans la suite, sont réalisés dans un circuit intégré spécifique à l'application 30 (circuit ASIC). Des signaux convenables de sortie provenant du circuit ASIC 30 sont transmis à un microcontrôleur 40 qui, à la suite d'une analyse et d'un traitement supplémentaire des signaux transmis par le circuit 30, décide s'il doit transmettre un signal de déclenchement à une sortie 42 pour l'activation d'un circuit 44 de déclenchement qui assure en fait la commutation du conducteur 14 de ligne du circuit alternatif 12 à un état de circuit ouvert, comme indiqué schématiquement sur la figure 3, ou si le côté 14 de ligne du circuit 12 doit rester connecté à une charge 49.

On se réfère toujours à la figure 3 pour la description de composants supplémentaires du circuit ASIC 30.

Le détecteur de bruit à large bande 24 comporte un premier et un second circuit 80, 82 de filtre passe-bande

qui reçoivent un signal de vitesse de variation du courant du capteur di/dt 16. Selon l'invention, les bandes passantes de ces circuits 80 et 82 sont sélectionnées dans des bandes représentatives d'un bruit à large bande caractéristique des 5 pannes par formation d'arc et/ou afin que les signaux à des fréquences qui peuvent apparaître dans la ligne et qui ne représentent pas une panne par formation d'arc, c'est-à-dire qui ne sont pas dus à une telle panne, soient éliminés en pratique (statistiquement). Dans le mode de réalisation 10 considéré à titre d'exemple, ces fréquences de bande passante sont sélectionnées comme étant par exemple respectivement de 35 kHz et 70 kHz. Chacun des circuits 80 et 82 de filtre passe-bande transmet un signal filtré, qui contient les composantes d'un signal d'entrée provenant du capteur di/dt qui sont comprises dans les bandes passantes 15 respectives, à des circuits respectifs 84 et 86 de détecteur à seuil.

Les détecteurs à seuil 84 et 86 sont sensibles aux 20 composantes des signaux transmis par les filtres passe-bande 80 et 82 qui sont au-delà d'une amplitude prédéterminée de seuil afin qu'ils créent un signal de sortie en amplitude à une fréquence correspondante pour des circuits 88 et 90 de préparation de signaux. Ces circuits 88 et 90 produisent un 25 signal préparé de sortie sous une forme qui convient à la transmission au microcontrôleur 40. Dans l'exemple de réalisation, ces circuits 88 et 90 de préparation de signaux comprennent des circuits monostables à 10 μs destinés à produire un signal pulsé unité. Des impulsions de sortie des 30 deux circuits monostables 88 et 90 subissent une opération réunion dans un circuit ET 96 dont le signal de sortie est transmis à une entrée de "compteur" du microcontrôleur 40, comme indiqué sur la figure 3. Dans le mode de réalisation considéré à titre d'exemple, un seuil de 1 V est utilisé par les deux circuits à seuil 84 et 86.

35 On se réfère toujours à la figure 3 ; la partie formant circuit 26 de mesure de courant ou de capteur de panne de courant du circuit ASIC 30 reçoit aussi le signal de sortie du capteur di/dt 16. Un circuit intégrateur 100 crée un

signal représentatif de l'intensité du courant en fonction du signal de sortie du capteur di/dt 16. Ce signal est transmis à une autre partie de circuit de préparation de signaux qui comporte un circuit de valeur absolue 102, tel qu'indiqué sur la figure 2, et un circuit à gain 104, destinés à former un signal préparé de sortie en courant sous une forme convenant à la transmission au microcontrôleur 40.

Le circuit de valeur absolue 102 reçoit des signaux qui vont vers les valeurs négatives et vont vers les valeurs positives, et il inverse les signaux allant vers les valeurs négatives en signaux positifs, tout en transmettant sans changement les signaux allant vers les valeurs positives.

Le signal de sortie du circuit de valeur absolue est transmis au circuit à gain 104 qui, dans un mode de réalisation, comprend un étage à gain pour faibles courants et un étage à gain pour courants élevés. En résumé, l'étage à gain pour faibles courants applique un gain relativement élevé aux courants relativement faibles afin d'accroître la résolution du signal de courant dans le cas d'intensité relativement faible. D'autre part, l'étage à gain pour courants élevés applique un gain relativement plus faible aux courants d'intensité relativement élevée afin que toute une plage d'intensités de signaux en courant soit conservée dans le circuit. Les signaux de sortie des étages respectifs à gain pour courants faibles et élevés sont transmis au microcontrôleur 40.

La tension de ligne est aussi préparée par le circuit 130 et transmise au microcontrôleur pour permettre une analyse et un traitement ultérieurs. Ce circuit 130 comporte un diviseur de tension de ligne (non représenté) qui divise la tension de ligne à un niveau inférieur qui convient à un traitement ultérieur, un amplificateur de différence (non représenté) qui reçoit le signal de sortie du diviseur de tension de ligne et décale son niveau à la masse du circuit afin qu'il soit redressé, et un circuit de valeur absolue. La tension de l'amplificateur de différence (non représenté) est transmise à un circuit de valeur absolue (non représenté) qui a la même configuration et le même fonctionnement

que les circuits de valeur absolue déjà décrits. Le signal de sortie du circuit de préparation de signaux 130 est transmis au microcontrôleur 40.

On se réfère toujours à la figure 3 ; un circuit à chien de garde 140 reçoit une impulsion d'entrée du microcontrôleur 40 pour déterminer si celui-ci est encore actif. Lorsqu'aucune impulsion n'est présente à cette sortie du microcontrôleur, un signal de déclenchement est transmis au circuit de déclenchement par le circuit à chien de garde 140.

Un circuit amplificateur 150 de "poussée pour test" reçoit un signal "d'horloge de test" du microcontrôleur lorsqu'un interrupteur de "poussée pour test" (non représenté) est manoeuvré, et il le prépare pour le transmettre à un enroulement de test du capteur di/dt 16. Si l'ensemble du circuit fonctionne convenablement, le microcontrôleur doit recevoir des signaux en retour indiquant une panne par formation d'arc. Suivant un programme de test, lorsque ces signaux sont reçus, le microcontrôleur produit un signal de déclenchement à la sortie 42.

Comme indiqué précédemment, la figure 3 représente un circuit intégré spécifique à l'application ASIC dans un mode de réalisation permettant l'exécution des opérations précitées.

La réalisation du circuit détecteur sous forme d'un circuit ASIC est avantageuse car elle permet l'incorporation facile du circuit dans divers environnements. Ce résultat est dû essentiellement à la petite dimension et à la consommation relativement modeste du circuit ASIC. Ainsi, ce circuit détecteur peut être incorporé non seulement à un tableau de commande et autres appareils de distribution, mais aussi à des charges individuelles. Cette remarque s'applique aux domaines industriels aussi bien que commerciaux et résidentiels. Par exemple, le circuit détecteur ASIC peut être incorporé à des machines ou appareils industriels et/ou commerciaux de type électrique, ainsi qu'à des produits grand public, tels que les ordinateurs, les appareils audiovisuels, les appareils domestiques et analogues.

Le microcontrôleur 40 analyse les formes d'onde en courant et le bruit à large bande pour déterminer la présence éventuelle d'un arc dans les conducteurs électriques. Un arc d'intensité élevée est identifié par une forme d'onde de courant qui présente une combinaison d'un changement du courant (di/dt) et de bruit à large bande (10 à 100 kHz). Le microcontrôleur 40 fait progresser plusieurs compteurs, qui peuvent être réalisés sous forme logicielle, en fonction des signaux d'entrée reçus du circuit ASIC 30. 5 Le tableau résume les caractéristiques de formation d'arc à intensité élevée des formes d'onde de courant, et il montre comment les compteurs progressent à l'aide de microinstructions. On décrit dans la suite en détail comment les compteurs sont utilisés pour déterminer la présence 10 éventuelle d'un arc. 15

Il existe des conditions dans lesquelles les charges présentent des courants d'intensité élevée, à grande variation (di/dt) et à bruit à large bande dans les conditions normales de fonctionnement. Pour que les courants de charges 20 normalement bruyantes et les courants de formation d'arc puissent être distingués, des algorithmes déterminent différents niveaux du bruit à large bande (di/dt), la présence d'intensités élevées, la présence de courants décroissants, et des rapports d'allongement du courant (un rapport 25 d'allongement représente la surface d'un demi-cycle divisée par la valeur de crête).

Le bruit à large bande est calculé par une opération logique réunion exécutée de manière matérielle sur au moins deux bandes de fréquences, comme décrit précédemment. Si le 30 bruit à large bande est présent, des impulsions sont alors reçues à l'entrée du microcontrôleur. Les impulsions sont comptées à chaque demi-cycle, mémorisées, puis remises à zéro pour la détection des niveaux de bruit à large bande dans le demi-cycle suivant.

Tableau (chaque ligne caractérise un demi-cycle de formation d'arc)

5	Courant de crête ayant un rapport d'allongement* > 2	(di/dt) (dt** = 500 μ s)	Bruit à large bande à hautes fréquences***	Compteur d'arc d'intensité élevée	Nombre (di/dt)	Courant à hautes fréquences
	> 48 A	> 0,328 x courant de crête	Non nécessaire	Progression	Progression	Inchangé
	> 48 A	> 0,328 x courant de crête	Présent	Progression	Progression	Progression
	> 48 A	> 0,328 x courant de crête	Nécessaire	Progression	Inchangé	Progression
	> 48 A	> 0,328 x courant de crête	Nécessaire	Progression	Progression	Progression

10

* le rapport d'allongement représente la surface d'un demi-cycle divisée par la valeur de crête. Cette surface est la somme de 32 échantillons pour un demi-cycle

15

**dt est le temps compris entre deux échantillons de la forme d'onde de courant. Ce temps d'échantillonnage varie dynamiquement avec la fréquence du réseau (par exemple 60 \pm 4 Hz) afin que la couverture de la forme d'onde en courant soit meilleure.

20

***Le bruit à large bande à hautes fréquences désigne la présence du bruit à large bande pendant les 20 premiers demi-cycles lors de la mise sous tension du module avec une charge connectée et en fonctionnement, et le fonctionnement normal du aux charges bruyantes à l'état de régime permanent (courant inférieur à une valeur de crête de 48 A).

25

La figure 3 représente un diagramme synoptique d'un exemple d'application à un disjoncteur résidentiel par formation d'arc. Les formes d'onde de formation d'arc et de courant d'amorçage sont analysées par le microcontrôleur à l'aide des algorithmes décrits dans la description qui suit.

30

Les microinstructions contiennent les compteurs suivants et d'autres variables :

- di/dt1 (contient la valeur maximale de di/dt un demi-cycle auparavant)
- di/dt2 (contient la valeur maximale de di/dt deux demi-

cycles auparavant)
 - di/dt3 (contient la valeur maximale de di/dt trois demi-cycles auparavant)
 - di/dt4 (contient la valeur maximale de di/dt quatre demi-cycles auparavant)
 5 - di/dt_compteur (contient le nombre entier de progression du nombre di/dt spécifié dans le tableau)
 - crêtel (contient la valeur de crête un demi-cycle auparavant)
 10 - crête2 (contient la valeur de crête deux demi-cycles auparavant)
 - crête3 (contient la valeur de crête trois demi-cycles auparavant)
 - crête4 (contient la valeur de crête quatre demi-cycles
 15 auparavant)
 - crête5 (contient la valeur de crête cinq demi-cycles auparavant)
 - compteur_arc_courant_elevé (contient le nombre entier de demi-cycles détectés avec d'arc dans tableau)
 20 - compteur_hautes_fréquences (contient le nombre entier de signaux à hautes fréquences des demi-cycles précédents)
 - compteur_de_bruit_hautes_fréquences (contient le nombre entier compté à hautes fréquences à l'état de démarrage ou de régime permanent -courant inférieur à 48 A)
 25 - demi-cycle_manquant (vrai lorsqu'un demi-cycle sans arc suit un demi-cycle avec arc)
 - montée_lente (contient la valeur crêtel - di/dt1)
 - panne_crête_masse (contient l'intensité de crête en cas de panne par mise à la masse du dernier demi-cycle).
 30 Les compteurs décrits précédemment progressent et sont remis à zéro de la manière suivante :
 si (crêtel > 48 A), vérifier les points suivants :
 si (di/dt1 > (0,328 x crêtel) et compteur-hautes_fréquences > 4 et compteur_bruit_hautes_fréquences < 16)
 35 - progression du compteur compteur_di/dt
 - progression du compteur compteur_hautes_fréquences
 - progression du compteur compteur_arc_courant_elevé
 sinon si (di/dt1 > (0,328 x crêtel))

- progression du compteur `compteur_di/dt`
 - progression du compteur `compteur_arc_courant_elevé`
 sinon si (`di/dt1 > (0,25 x crête1)` et `compteur_hautes_fréquences > 4` et `compteur_bruit_hautes_fréquences < 16`)
 5 - progression du compteur `compteur_di/dt`
 - progression du compteur `compteur_hautes_fréquences`
 - progression du compteur `compteur_arc_courant_elevé`
 sinon si (`di/dt1 > (0,203 x crête1)` et `compteur_hautes_fréquences > 4` et `compteur_bruit_hautes_fréquences < 16`)
 10 - progression du compteur `compteur_hautes_fréquences`
 - progression du compteur `compteur_arc_courant_elevé`
 si aucun demi-cycle avec arc pendant 0,5 s après le dernier demi-cycle avec arc, mettre à 0 tous les compteurs
 Un arc entre la ligne et le noeud ou un arc dû à une
 15 panne par mise à la masse est présent dans les conditions suivantes des compteurs formés par les microinstructions précitées :
 si (`panne par mise à la masse > seuil`)
 si (`courants de crête > 35 A pour 3 demi-cycles et demi-
 20 cycle_manquant est vrai et compteur_di/dt > 1 et
 compteur_arc_courant_elevé > 1`)
 si (`courants de crête > 35 A pour 4 demi-cycles et demi-
 cycle_manquant est vrai et
 compteur_arc_courant_elevé > 2`)
 25 si (`courants de crête > 35 A pour 5 demi-cycles et demi-
 cycle_manquant est vrai et
 compteur_arc_courant_elevé > 3`)
 si (`courants de crête > 35 A pour 5 demi-cycles et
 compteur_arc_courant_elevé > 3 et di/dt1 > di/dt3 et
 30 compteur_di/dt > 2`)
 si (`courants de crête > 35 A pour 5 demi-cycles et
 compteur_arc_courant_elevé > 3 et di/dt1 > di/dt3 et
 compteur_hautes_fréquences > 2 et compteur_di/dt > 1`)
 si (`courants de crête > 35 A pour > 5 demi-cycles et
 35 < 9 demi-cycles et compteur_arc_courant_elevé > 3 et
 demi-cycle_manquant est vrai`)
 si (`courants de crête > 35 A pour > 5 demi-cycles et
 < 9 demi-cycles et compteur_arc_courant_elevé > 3 et
 compteur_di/dt > 3`)

```

si (courants de crête > 35 A pour > 5 demi-cycles et
  < 9 demi-cycles et compteur_arc_courant_elevé > 3 et
  compteur_hautes_fréquences > 1 et compteur_di/dt > 2)
si (courants de crête > 35 A pour > 5 demi-cycles et
5  < 9 demi-cycles et compteur_arc_courant_elevé > 3 et
  compteur_hautes_fréquences > 2 et compteur_di/dt > 1)
si (compteur_arc_courant_elevé > 6)
    Algorithmes initiaux :
Si (crête1 à crête4 > 35 A) et demi-cycle_manquant = faux)
10 vérifier les relations suivantes :
Si (((crête1 < (crête3 - 7 A)) et (crête1 < crête2)) et
  ((crête2 < crête3) et (crête2 < (crête4 - 7 A))) :
    amorçage de lampes à tungstène, mettre à zéro les
    compteurs suivants :
15    compteur_arc_courant_elevé
    compteur_di/dt
    compteur_hautes_fréquences
sinon si ((crête3 > crête1) et (crête5 > crête3) et
  (di/dt1 < crête1/2) et (di/dt2 < crête2/2) et
20  (di/dt3 < crête3/2) et ((di/dt5 + 1,4A) ≥ di/dt3) et
  ((di/dt3 + 1,4A) ≥ di/dt1) et (montée_lentel > 48 A))
    amorçage de charge inductive, mettre à zéro les
    compteurs suivants
    compteur_di/dt
25    compteur_hautes_fréquences

```

Note : les valeurs numériques des expressions précédentes sont sélectionnées pour les applications résidentielles. Cependant, des valeurs numériques, des intensités de courant et des valeurs spécifiques des compteurs ne sont pas limitées aux indications précédentes et peuvent varier en fonction de l'application. En outre, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation précité du circuit ASIC 30 et du microcontrôleur 40.

On se réfère maintenant aux figures 4 à 8 ; la voie de communication 35 peut avoir un certain nombre de formes différentes. Dans un mode de réalisation, la voie de communication 35 peut être un dispositif de signalisation sans fil à ligne de visée, par exemple un dispositif à

diodes photoémissives LED (lumière visible ou infrarouge) ou autre de type optique (ou infrarouge). Par exemple, la diode photoémissive peut être excitée de diverses manières par le signal de la ligne de communication 45 pour indiquer l'état 5 de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc 25, par exemple en attente, déclenché, auto-test satisfaisant, et auto-test non satisfaisant. Ces résultats peuvent être indiqués par différents diagrammes de clignotement de la diode photoémissive, par le fait que la diode 10 éclaire en permanence, par différentes conditions d'éclairement et analogues. Dans une variante, une diode à deux couleurs ou plus peut être utilisée pour indiquer diverses conditions telles que attente (vert), déclenché (rouge), auto-test convenable (vert clignotant) et auto-test non 15 convenable (rouge clignotant). D'autres schémas de couleurs ou systèmes de signalisation peuvent être utilisés sans sortir du cadre de l'invention.

Comme l'indique la figure 4, la diode photoémissive ou le dispositif optique analogue peut aussi être utilisé dans 20 le cas d'un dispositif ou unité 50 de communication, manuel ou d'un autre type, pour la communication de divers types d'informations, en plus des informations visuelles perceptibles par l'homme décrites précédemment. Ces informations peuvent être transmises sous forme d'un clignotement ou 25 d'impulsions de la diode photoémissive imperceptibles à l'homme à la place ou en plus des indications perceptibles par l'utilisateur, indiquées précédemment. Ces impulsions à fréquences élevées de la diode photoémissive, bien qu'elles ne soient pas perceptibles par l'homme, peuvent être lues 30 par l'unité 50 de communication de type manuel ou autre. Tout protocole voulu de communication peut être utilisé à cet égard, ainsi que des protocoles propriétaires de communication. Les informations communiquées peuvent comprendre 35 des informations telles que le temps écoulé depuis le dernier déclenchement, l'intensité actuelle du courant, la consommation d'énergie, le niveau de tension, la raison du déclenchement et analogues. Les données d'état, d'attente, de déclenchement et d'auto-test convenable ou non peuvent en

outre être communiquées avec ce protocole, avec les indications visuelles décrites ou en plus de celles-ci.

De plus, le dispositif manuel de communication 50 peut contenir un dispositif d'émission d'informations, sous une forme analogue à la diode photoémissive précitée, ou un autre dispositif de communication d'informations par la voie 35 de communication. Dans ce mode de réalisation, la voie 35 de communication peut comprendre un dispositif récepteur analogue à celui qui est utilisé dans le dispositif manuel de communication, si bien que la voie 35 de communication et le dispositif manuel 50 de communication peuvent tous deux effectuer des communications bidirectionnelles. La ligne 45 de communication peut alors fonctionner comme ligne ou liaison bidirectionnelle de communication avec le micro-contrôleur 40 (voir figure 3) ou tout autre élément de commande de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc 25.

Les informations qui peuvent être communiquées à l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc 25 ou à son microcontrôleur 40 comprennent des commandes d'exécution de diverses fonctions, telles qu'un programme d'auto-test. D'autres informations qui peuvent être communiquées comprennent des commandes destinées à autoriser ou interdire la fonction de déclenchement, suivant diverses charges ou conditions, ou des informations-données de remise à jour ou de modification de l'algorithme de déclenchement. Ces remises à jour ou modifications peuvent faire varier la manière avec laquelle l'interrupteur 25 et/ou son microcontrôleur créent un signal de déclenchement ou prennent une décision de production d'un signal de déclenchement en fonction des conditions contrôlées dans le circuit commandé par l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc 25. Ces remises à jour et modifications d'algorithmes peuvent être sous forme de codes logiciels ou de données ou analogues. A cet égard, le microcontrôleur peut contenir un ou plusieurs composants de mémoire programmable destinés à recevoir ces informations remise à jour, comme décrit plus en détail dans la suite.

Dans une variante, le microcontrôleur peut être préalable-
ment programmé avec de multiples algorithmes de déclenche-
ment utilisés dans différentes situations, et le dispositif
de communication 50 transmet un signal de commande à la voie
5 35 de communication pour la sélection de l'un de ces algo-
rithmes à utiliser dans une situation particulière.

On se réfère maintenant à la figure 5 qui représente
un ensemble de communication du type précité dans un autre
mode de réalisation. Sur la figure 5, la voie 35a de commu-
10 nication et un dispositif ou unité manuelle ou autre 50a de
communication communiquent par une connexion câblée 55. Le
câblage 55 peut être un fil d'alimentation, le protocole de
communication X-10 étant utilisé pour la communication entre
la voie 35a et le dispositif 50a. Comme l'indique aussi la
15 figure 8, dans ce mode de réalisation, l'utilisateur peut
communiquer avec la voie 35a à l'aide du protocole X-10 par
enfichage du dispositif 50a de communication dans une prise
quelconque qui se trouve dans le même circuit 12 que celui
20 qui est contrôlé par l'interrupteur de circuit en cas de
pannes par formation d'arc 25.

D'autres formes de communication qui peuvent être
utilisées pour communiquer des informations entre la voie 35
et l'unité de communication 50 sont des communications à
25 hautes fréquences, comme indiqué sur la figure 6, et infra-
rouges, comme indiqué sur la figure 7. Le schéma infrarouge
a un fonctionnement analogue au schéma à base de diodes
photoémissives déjà décrit, car les diodes photoémissives
utilisées peuvent émettre de l'énergie dans la partie
visible ou infrarouge du spectre.

En plus de l'activation à distance de la fonction
d'auto-test décrite précédemment en référence à la voie de
communication 35 et à l'unité de communication 50, l'interr-
rupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc 25
peut aussi contenir un sous-programme ou un élément matériel
35 d'exécution automatique d'un auto-test à intervalles régu-
liers ou à d'autres moments voulus. La voie de communi-
cation, une liaison visuelle séparée ou un autre indicateur
(par exemple une diode photoémissive) ou un autre dispositif

peuvent être utilisés le cas échéant pour donner une indication convenable du fait que l'unité a donné un résultat convenable ou non au programme d'auto-test.

On se réfère à nouveau à la figure 3 ; le détecteur par formation d'arc ou l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc peut aussi comprendre une mémoire destinée à contenir des éléments d'information qui doivent être communiqués par la voie 35 de communication. La mémoire peut être "embarquée" ou faire partie de l'unité à micro-contrôleur 40. Dans une variante, une mémoire séparée 75 (figure 3) peut être utilisée, seule ou en combinaison avec une mémoire embarquée. Cette mémoire peut aussi être utilisée pour le rappel de caractéristiques antérieures de charge destinées à permettre l'ajustement de l'algorithme de déclenchement, à un moment qui convient à de telles charges, tout en évitant les déclenchements perturbateurs. Les divers types de charges conservés en mémoire peuvent en outre être mémorisés pour être lus au moment voulu par une unité manuelle ou un autre dispositif de communication par l'utilisateur à l'aide de la voie de communication comme décrit précédemment. Cette disposition permet en outre à l'utilisateur de contrôler les types de charges utilisés dans le circuit protégé contre les pannes par formation d'arc. En outre, la mémoire permet des ajustements de l'algorithme destinés à augmenter la sensibilité, par exemple, dans une application particulière, pendant une période qui suit la séquence de mise sous tension suivant un déclenchement, par mémorisation des déclenchements antérieurs qui se sont produits pendant un intervalle précédent déterminé.

Pour que le contenu de la mémoire puisse être conservé en cas de panne d'alimentation, par exemple lorsque le circuit 12 a été déclenché par l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, une alimentation supplémentaire de secours, par exemple une unité 65, peut être incorporée (voir figure 3). A cet égard, il faut noter que l'alimentation principale du microcontrôleur et d'autres circuits 30 est normalement obtenue par contrôle du courant de ligne comme indiqué sur la figure 3. Ainsi, lorsque

l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc se déclenche ou interrompt le courant dans cette ligne, l'alimentation de ces composants disparaît, jusqu'à ce qu'un élément de réarmement convenable, par exemple du type décrit dans la suite, ou d'un autre type, puisse être activé en toute sécurité. Si la condition de déclenchement se poursuit pendant une certaine période, une alimentation de secours d'un type ou d'un autre peut être assurée pour la mémoire, comme indiqué par exemple par la référence 65. Elle peut comprendre un accumulateur de secours ou un autre dispositif, par exemple un condensateur chargé ou analogue.

Ainsi, grâce à un accumulateur ou une autre alimentation de secours, lorsque le circuit a été déclenché et que l'alimentation est interrompue, l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc peut continuer à communiquer par la voie de communication (par exemple 35) comme décrit précédemment. En outre, des problèmes posés par les parasites au démarrage dans les alimentations lorsque le circuit est réexcité et l'alimentation est remise en circuit peuvent être évités par maintien de l'alimentation du micro-contrôleur et d'un autre circuit à partir de l'alimentation de secours 65 jusqu'à ce que l'alimentation atteigne un état stable. A cet égard, un temps relativement court peut être affecté à l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc pour un déclenchement satisfaisant du circuit après un démarrage. Le temps nécessaire peut nécessiter des réalisations d'alimentation relativement coûteuses ou peu efficaces dans certains cas, mais qui peuvent être évitées grâce à l'utilisation de l'unité d'alimentation de secours 65.

On se réfère maintenant aux figures 9 et 10 qui illustrent d'autres procédés de conservation de la mémoire en cas de panne d'alimentation. Sur la figure 9, l'unité de mémoire comprend une mémoire "flash" 75a qui garde son contenu, pendant une perte d'alimentation due à un déclenchement ou autrement, ou une autre forme de mémoire permanente modifiable. La mémoire "flash" 75a peut être utilisée en combinaison avec l'alimentation de secours 65

(voir figure 3) par le microcontrôleur 40 afin que le fonctionnement de la voie de communication continue à être assuré pendant la panne d'alimentation. Sur la figure 9, une alimentation séparée de secours 85 est représentée pour la mémoire 75 et peut être réalisée séparément ou en combinai-
5 son avec l'alimentation de secours 65 du microcontrôleur 40, comme décrit précédemment. L'alimentation de secours 85 peut être un accumulateur, un condensateur ou une autre source d'énergie. Evidemment, l'alimentation de secours unique 65 peut être utilisée à la fois pour la mémoire 75 et le microcontrôleur 40, comme déjà indiqué.

On se réfère maintenant aux figures 11 à 13 qui représentent divers modes de réalisation d'un bouton ou élément combiné de poussée pour test et de commande de réarmement qui peut aussi être incorporé à l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc 25. Ce bouton de poussée pour test et de réarmement est activé manuellement par un utilisateur, à la place ou en plus des autres formes diverses de communication avec l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc comme décrit précédemment.

On se réfère maintenant aux figures 11 et 12 qui représentent un bouton de réarmement et un interrupteur de test qui sont combinés. Le bouton et l'interrupteur combinés peuvent comprendre un seul élément rappelé par un ressort, qui dépasse légèrement et qui peut être enfoncé manuellement, tel qu'un organe 170 en forme de dôme ou bouton-poussoir.

La diode photoémissive ou un autre dispositif d'émission de lumière peut être incorporé à l'organe 170 qui peut être translucide pour permettre l'observation d'une diode photoémissive ou d'un autre organe indicateur. Dans une variante, un tube de lumière allongé 172 peut être utilisé comme indiqué sur la figure 11, et la diode photoémissive ou 30 un autre dispositif indicateur (par exemple d'une voie de communication 35 comme décrit précédemment) peut être incorporé à un élément séparé 180 formant interrupteur et bouton-poussoir qui peut aussi être utilisé comme

interrupteur de réarmement. En conséquence, la lumière de la diode photoémissive incorporée à l'interrupteur ou bouton de réarmement 180 remonte le long du tube de lumière 172 vers le dôme ou élément manuel 170. Le tube de lumière 172 a en 5 outre une forme ou un profil, à son extrémité interne, tel qu'il active simultanément le bouton ou interrupteur de réarmement 180 et un interrupteur 182 de poussée pour test. Pour que l'activation des deux éléments ou interrupteurs 180 et 182 puisse être distinguée, un circuit à retard (non 10 représenté) peut être incorporé au circuit de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc ou réalisé sous forme logicielle dans le microcontrôleur 40 afin qu'un enfoncement initial du bouton-poussoir 170 permette la transmission du seul signal provenant de l'interrupteur de réarmement 180, alors que l'enfoncement prolongé pendant une 15 période prédéterminée empêche le fonctionnement de l'interrupteur de réarmement et permet le fonctionnement de l'interrupteur de poussée pour test 182, ou inversement.

La figure 12 représente un mode de réalisation analogue 20 dont les détails mécaniques sont un peu modifiés. Le bouton-poussoir 170 rappelé par un ressort peut porter la diode photoémissive indiquée ou recevoir la lumière de celle-ci par un tube de lumière 172 qui est analogue à celui du mode de réalisation de la figure 11.

Sur la figure 13, le dôme ou autre élément manuel 170 25 est rappelé par un ressort afin qu'il assure une opération de poussée pour réarmement par rapport à un interrupteur 180. L'élément ou dôme 170 peut en outre tourner comme indiqué par les flèches afin qu'il fasse tourner un élément 30 174 d'activation qui peut venir au contact d'un interrupteur de poussée pour test 182 et s'en séparer. Ainsi, différentes manipulations du même élément 170 peuvent être utilisées en alternance pour l'activation de la fonction de réarmement ou de la fonction de poussée pour test. Le dôme 170 peut porter 35 une diode photoémissive, ou une telle diode peut faire partie de l'interrupteur 180 et peut être vue par le tube 172, comme décrit précédemment.

Il faut noter que, dans les modes de réalisation des figures 11 à 13, les fonctions de l'interrupteur de réarmement et de l'interrupteur de poussée pour test peuvent être inversées sans sortir du cadre de l'invention. En outre, 5 d'autres schémas mécaniques de combinaisons des fonctions de poussée pour test et de réarmement par un seul bouton de commande manipulé par l'opérateur ou un autre élément de commande peuvent être utilisés sans sortir du cadre de l'invention. De plus, l'activation simultanée des deux 10 interrupteurs (par poussée et torsion de l'élément 170 sur la figure 13) peut être interprétée comme l'une seulement des fonctions de réarmement ou de poussée pour test, avec incorporation d'un retard comme décrit précédemment, ou exécution d'une autre opération. Dans une variante, 15 l'élément d'activation 170 de la figure 13 peut avoir une configuration mécanique telle qu'il comporte un ressort de torsion ou analogue qui a tendance à maintenir l'élément 174 rappelé vers une position distante de l'activation de l'interrupteur 182. La disposition peut être telle que 20 l'élément 174 ne peut pas être maintenue au contact de l'interrupteur 182 lorsque le bouton 170 est enfoncé et/ou se sépare avant l'enfoncement ou l'activation de l'interrupteur 180.

Bien entendu, diverses modifications peuvent être 25 apportées par l'homme de l'art aux systèmes et procédés qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemple non limitatif sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Système à interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc destiné à être utilisé avec un circuit électrique, caractérisé en ce qu'il comprend :

5 un détecteur (24, 26) par formation d'arc qui contrôle le circuit électrique et un organe (40) de commande qui crée un signal de déclenchement à la suite de la détection de pannes par formation d'arc,

10 l'organe (40) de commande créant aussi un ou plusieurs signaux de communication correspondant aux informations liées au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, et

15 une voie (35) de communication qui communique à un utilisateur des informations relatives au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc en réponse aux signaux de communication.

20 2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que le détecteur (24, 26) de circuit en cas de pannes par formation d'arc comprend un capteur (16) qui détecte un courant dans le circuit électrique et crée un signal correspondant de capteur (16), et un circuit qui détermine la présence d'un bruit à large bande dans le signal du capteur (16) et produit un signal correspondant de sortie, et l'organe (40) de commande traite le signal de capteur (16) et le signal de sortie d'une manière prédéterminée pour déterminer si une panne par formation d'arc est présente dans le circuit électrique.

25 3. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la voie (35) de communication est un dispositif à hautes fréquences.

30 4. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la voie (35) de communication est un dispositif d'émission infrarouge.

35 5. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la voie (35) de communication est une voie destinée à communiquer des informations par un circuit électrique mettant en oeuvre un protocole prédéterminé de communication.

6. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la voie (35) de communication comporte un dispositif d'émission de lumière.

5 7. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'organe (40) de commande est destiné à provoquer l'émission de lumière par un dispositif d'émission de lumière de manière que la lumière soit perçue visuellement par un observateur humain comme étant permanente ou clignotante.

10 8. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif d'émission de lumière est une diode photoémissive bicolore.

15 9. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'organe (40) de commande est destiné à provoquer l'émission de lumière par la diode photoémissive de manière que la lumière soit perçue visuellement par un observateur humain comme étant permanente ou clignotante.

20 10. Système selon la revendication 6, dans lequel le signal de communication comporte des informations ayant un format choisi de données qui provoque le fonctionnement pulsé du dispositif d'émission de lumière à une fréquence imperceptible par l'homme.

25 11. Système selon la revendication 10, caractérisé en ce que les informations comprennent au moins des informations correspondant à un état de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc et des informations correspondant au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc.

30 12. Système selon la revendication 11, caractérisé en ce que les informations correspondant à l'état comprennent des informations qui correspondent à une ou plusieurs conditions parmi une condition d'attente, une condition de déclenchement, une condition d'auto-test convenable et une condition d'auto-test non convenable.

35 13. Système selon la revendication 11, caractérisé en ce que les informations correspondant au fonctionnement comprennent au moins une information choisie parmi le temps écoulé depuis le dernier déclenchement, l'intensité du

courant actuel, le niveau actuel de tension, la consommation d'énergie, et la raison du déclenchement.

5 14. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les informations comprennent au moins des informations correspondant à un état de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc et des informations correspondant au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc.

10 15. Système selon la revendication 14, caractérisé en ce que les informations correspondant à un état comprennent des informations qui correspondent à une ou plusieurs conditions choisies parmi une condition d'attente, une condition de déclenchement, une condition d'auto-test convenable et une condition d'auto-test non convenable.

15 16. Système selon la revendication 14, caractérisé en ce que les informations correspondant au fonctionnement comprennent au moins une information choisie parmi le temps écoulé depuis le dernier déclenchement, l'intensité du courant actuel, le niveau actuel de tension, la consommation d'énergie, et la raison du déclenchement.

20 25 17. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une unité de commande par l'opérateur, et la voie (35) de communication est destinée à échanger bidirectionnellement des informations avec l'unité de commande par l'opérateur.

30 18. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un interrupteur (180) de réarmement et un interrupteur (182) d'activation d'auto-test, et un élément unique (170) de commande accessible par l'utilisateur et destiné à activer sélectivement l'un au moins des interrupteurs (180, 182) de réarmement et d'auto-test.

35 19. Système selon la revendication 18, caractérisé en ce que la voie (35) de communication comprend un dispositif d'émission de lumière, et l'élément de commande accessible par l'utilisateur comprend une partie translucide (172) destinée à permettre la transmission de lumière du dispositif d'émission de lumière à travers cette partie.

20. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une mémoire (75) destinée à conserver des informations prédéterminées relatives à l'état et au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, la mémoire (75) étant couplée pendant le fonctionnement à l'organe (40) de commande.

5 21. Système selon la revendication 20, caractérisé en ce que la mémoire est une mémoire embarquée de l'organe (40) de commande.

10 22. Système selon la revendication 20, caractérisé en ce que la mémoire (75) est extérieure et est couplée pendant le fonctionnement à l'organe (40) de commande.

23. Système selon la revendication 22, caractérisé en ce que la mémoire (75) est une mémoire flash.

15 24. Système selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'organe (40) de commande est destiné à mémoriser dans la mémoire (75) des informations prédéterminées relatives à des charges antérieures et à des événements antérieurs de déclenchement, et à ajuster un algorithme de déclenchement qui commande le déclenchement en fonction du contenu de la mémoire (75) concernant les charges antérieures et les événements antérieurs de déclenchement.

20 25. Système selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'organe (40) de commande est destiné à commander un échange d'informations entre la mémoire (75) et la voie (35) de communication.

26. Système selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une alimentation de secours pour la mémoire (75).

30 27. Système selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une alimentation de secours pour l'organe (40) de commande.

35 28. Système selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une alimentation de secours pour l'organe (40) de commande et la mémoire (75).

29. Système à interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc destiné à être utilisé avec un circuit électrique, caractérisé en ce qu'il comprend :

un détecteur (24, 26) de pannes par formation d'arc qui contrôle le circuit électrique et un organe (40) de commande qui crée un signal de déclenchement à la suite de la détection de pannes par formation d'arc, et

5 un interrupteur (180) de réarmement et un interrupteur (182) d'auto-test, ainsi qu'un seul élément de commande accessible par l'utilisateur et destiné à activer sélectivement l'un au moins des interrupteurs (180, 182) parmi les interrupteurs de réarmement et d'auto-test.

10 30. Système selon la revendication 29, caractérisé en ce que l'organe (40) de commande crée aussi un ou plusieurs signaux de communication correspondant à des informations relatives au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, et comprenant en outre 15 une voie (35) de communication qui comporte un dispositif d'émission de lumière qui communique à un utilisateur des informations relatives au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc en fonction des signaux de communication, et dans lequel l'élément de commande accessible par l'utilisateur possède une partie translucide destinée à permettre la transmission de lumière 20 du dispositif d'émission de lumière.

25 31. Système selon la revendication 29, caractérisé en ce que le détecteur (24, 26) de circuit en cas de pannes par formation d'arc comprend un capteur (16) qui détecte un courant dans le circuit électrique et crée un signal correspondant de capteur (16), et un circuit qui détermine la présence d'un bruit à large bande dans le signal du capteur (16) et produit un signal correspondant de sortie, et 30 l'organe (40) de commande traite le signal du capteur (16) et le signal de sortie d'une manière prédéterminée pour déterminer la présence d'une panne par formation d'arc dans le circuit électrique.

35 32. Système à interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc destiné à être utilisé avec un circuit électrique, caractérisé en ce qu'il comprend :

un détecteur (24, 26) de pannes par formation d'arc qui contrôle le circuit électrique et un organe (40) de commande

qui crée un signal de déclenchement en réponse à la détection de pannes par formation d'arc, et

une mémoire (75) destinée à conserver des informations prédéterminées relatives à l'état et au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, la mémoire (75) étant couplée à l'organe (40) de commande pendant le fonctionnement.

33. Système selon la revendication 32, caractérisé en ce que l'organe (40) de commande crée aussi un ou plusieurs signaux de communication correspondant à des informations relatives au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc, et il comporte en outre une voie (35) de communication qui communique à un utilisateur des informations relatives au fonctionnement de l'interrupteur de circuit en cas de pannes par formation d'arc en réponse aux signaux de communication.

34. Système selon la revendication 32, caractérisé en ce que la mémoire est une mémoire embarquée dans l'organe (40) de commande.

35. Système selon la revendication 32, caractérisé en ce que la mémoire (75) est placée à l'extérieur de l'organe (40) de commande et est couplée à celui-ci pendant le fonctionnement.

36. Système selon la revendication 35, caractérisé en ce que la mémoire (75) est une mémoire flash.

37. Système selon la revendication 32, caractérisé en ce que l'organe (40) de commande est destiné à mémoriser, dans ladite mémoire (75), des informations prédéterminées relatives à des charges antérieures et des événements antérieurs de déclenchement, et à ajuster un algorithme de déclenchement qui commande le déclenchement en fonction du contenu de la mémoire (75) concernant les charges antérieures et les événements antérieurs de déclenchement.

38. Système selon la revendication 33, caractérisé en ce que l'organe (40) de commande est destiné à commander l'échange d'informations entre la mémoire (75) et la voie (35) de communication.

39. Système selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une alimentation de secours pour la mémoire (75).

5 40. Système selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une alimentation de secours pour l'organe (40) de commande.

41. Système selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une alimentation de secours pour l'organe (40) de commande et la mémoire (75).

10 42. Système selon la revendication 32, caractérisé en ce que le détecteur (24, 26) de pannes par formation d'arc comporte un capteur (16) qui détecte un courant dans le circuit électrique et crée un signal correspondant de capteur (16), et un circuit qui détermine la présence de bruit à large bande dans le signal du capteur (16) et produit un signal correspondant de sortie, et l'organe (40) de commande traite le signal de capteur (16) et le signal de sortie de manière prédéterminée pour déterminer si une panne par formation d'arc est présente dans le circuit électrique.

20 43. Procédé d'interruption d'un circuit en cas de pannes par formation d'arc, destiné à être utilisé avec un circuit électrique et caractérisé en ce qu'il comprend :

25 le contrôle du circuit électrique pour la détection de pannes par formation d'arc et la création d'un signal de déclenchement en réponse à la détection de pannes par formation d'arc,

30 la création d'un ou plusieurs signaux de communication correspondant à des informations relatives au fonctionnement de l'appareil pour l'exécution d'une interruption du circuit en cas de pannes par formation d'arc, et

la communication à un utilisateur desdites informations relatives au fonctionnement de l'appareil en réponse aux signaux de communication.

35 44. Procédé selon la revendication 43, caractérisé en ce que les communications mettent en oeuvre des signaux à hautes fréquences.

45. Procédé selon la revendication 43, caractérisé en ce que les communications mettent en oeuvre des signaux infrarouges.

5 46. Procédé selon la revendication 43, caractérisé en ce que les communications mettent en oeuvre un protocole prédéterminé de communication.

47. Procédé selon la revendication 43, caractérisé en ce que les communications mettent en oeuvre des signaux lumineux.

10 48. Procédé selon la revendication 47, caractérisé en ce que les communications mettent en oeuvre des signaux de lumière émise présentant une pulsation à une fréquence imperceptible par l'homme.

15 49. Procédé selon la revendication 43, caractérisé en ce que les communications comprennent un échange bidirectionnel d'informations avec une unité de commande par un opérateur.

20 50. Procédé selon la revendication 43, caractérisé en ce qu'il comprend l'activation sélective, par un utilisateur, d'un élément unique accessible par l'utilisateur et destiné à activer l'un au moins de commutateurs de réarmement et d'auto-test.

25 51. Procédé selon la revendication 43, caractérisé en ce qu'il comprend la conservation en mémoire (75) d'informations relatives à l'état et au fonctionnement d'un appareil destiné à exécuter une interruption du circuit en cas de pannes par formation d'arc.

30 52. Procédé selon la revendication 43, caractérisé en ce qu'il comprend la conservation, dans une mémoire (75), d'informations prédéterminées relatives à des charges antérieures et des événements antérieurs de déclenchement, et l'ajustement d'un algorithme de déclenchement qui commande le déclenchement en fonction du contenu de la mémoire (75) concernant les charges antérieures et les événements antérieurs de déclenchement.

35 53. Procédé selon la revendication 52, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'exécution d'une alimentation de secours pour la mémoire (75).

54. Procédé d'interruption d'un circuit en cas de pannes par formation d'arc, destiné à être utilisé avec un circuit électrique et caractérisé en ce qu'il comprend :

5 le contrôle du circuit électrique pour la détection de pannes par formation d'arc et la création d'un signal de déclenchement en réponse à la détection de pannes par formation d'arc, et

10 l'activation sélective, par un utilisateur, d'un élément unique accessible par l'utilisateur et destiné à activer l'un au moins de commutateurs de réarmement et d'auto-test.

55. Procédé d'interruption d'un circuit en cas de pannes par formation d'arc, destiné à être utilisé avec un circuit électrique et caractérisé en ce qu'il comprend :

15 le contrôle du circuit électrique pour la détection de pannes par formation d'arc et la création d'un signal de déclenchement en réponse à la détection de pannes par formation d'arc, et

20 la conservation en mémoire (75) d'informations relatives à l'état et au fonctionnement d'un appareil destiné à exécuter une interruption du circuit en cas de pannes par formation d'arc.

25 56. Procédé selon la revendication 55, caractérisé en ce que l'étape de conservation en mémoire (75) comprend la conservation, dans une mémoire (75), d'informations préterminées relatives à des charges antérieures et des événements antérieurs de déclenchement, et l'ajustement d'un algorithme de déclenchement qui commande le déclenchement en fonction du contenu de la mémoire (75) concernant les 30 charges antérieures et les événements antérieurs de déclenchement.

35 57. Procédé selon la revendication 55, caractérisé en ce qu'il comprend en outre la détection d'un courant dans le circuit électrique et la création d'un signal correspondant de capteur (16), la détermination de la présence de bruit à large bande dans le signal correspondant et la production d'un signal correspondant de bruit à large bande, et le traitement du signal de courant et du signal de bruit à

large bande de manière prédéterminée pour déterminer si une panne par formation d'arc est présente dans le circuit électrique.

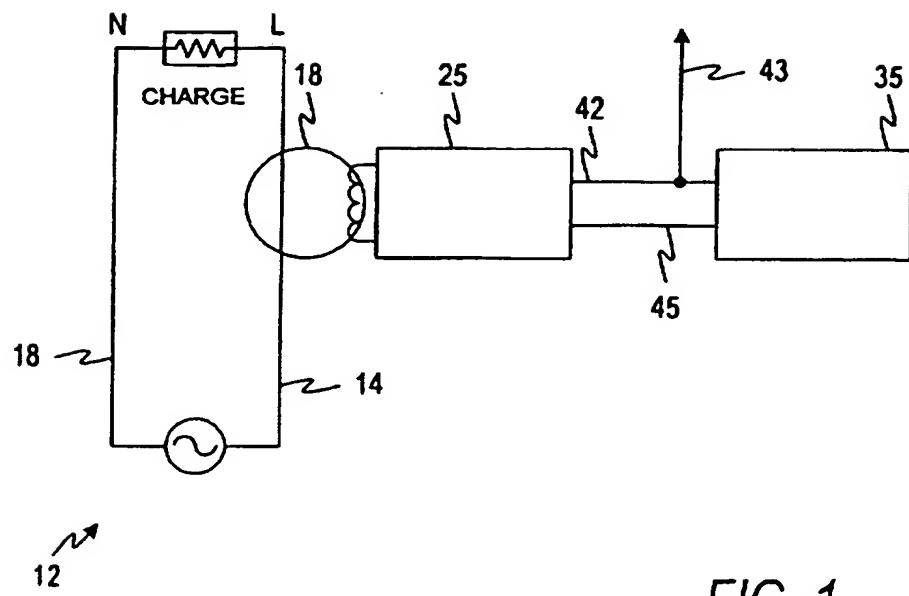


FIG. 1

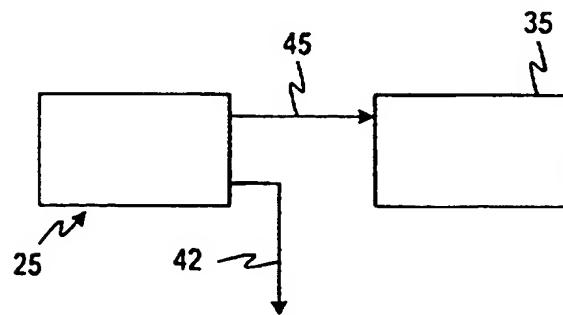
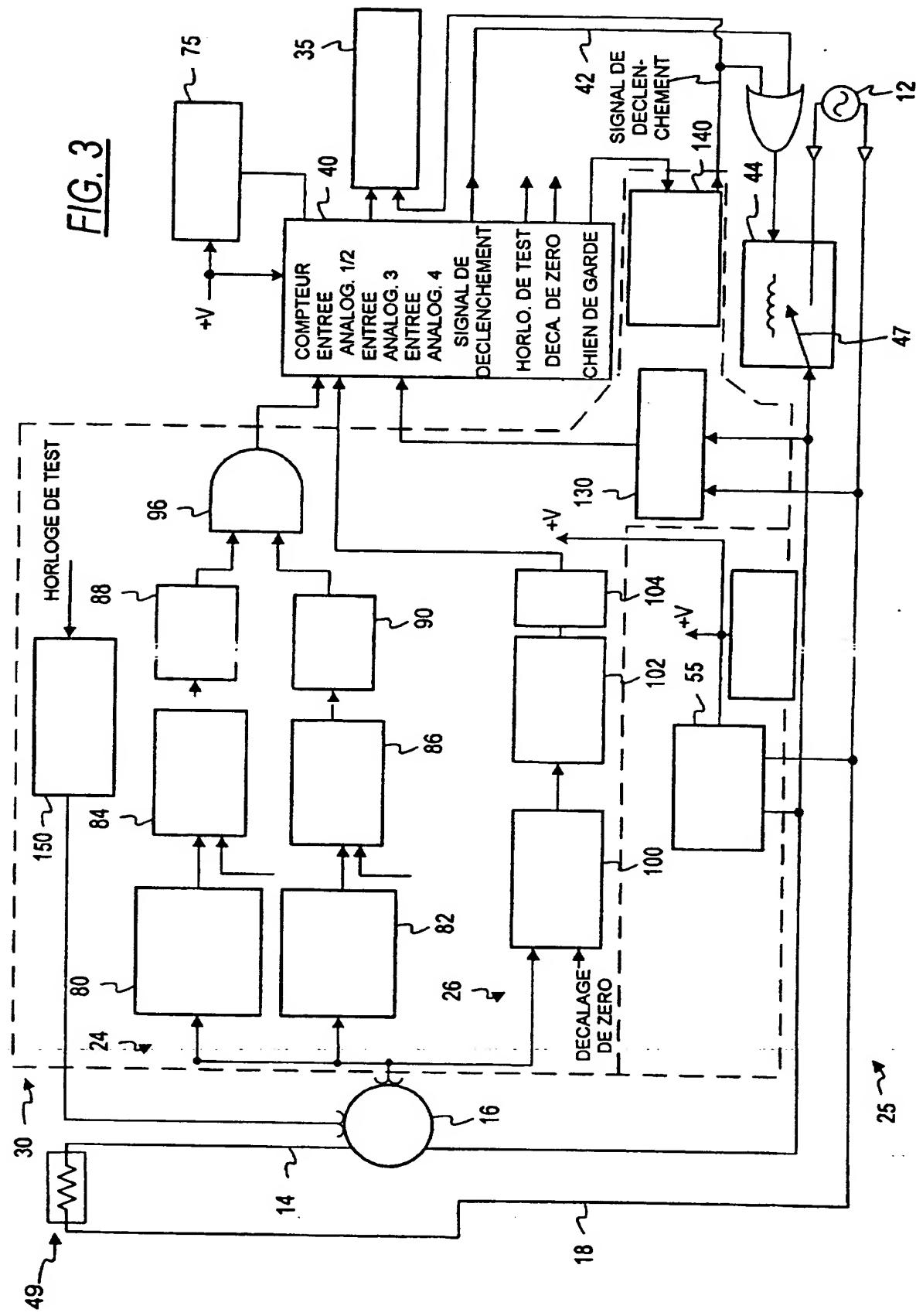


FIG. 2



3/7

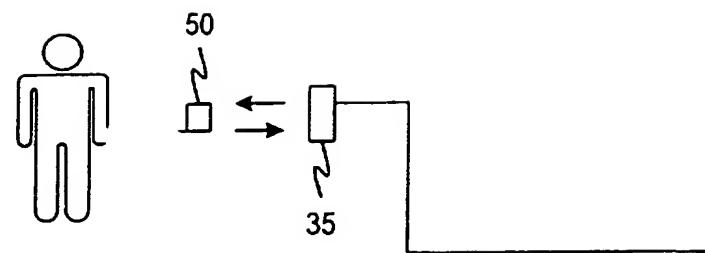


FIG. 4

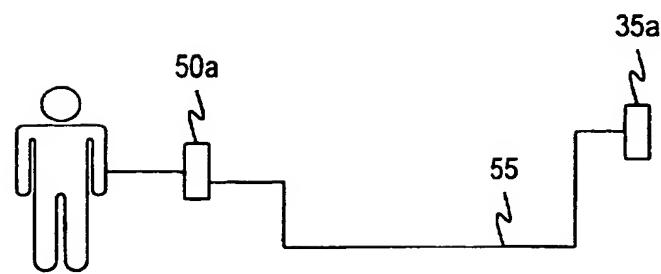


FIG. 5

4/7

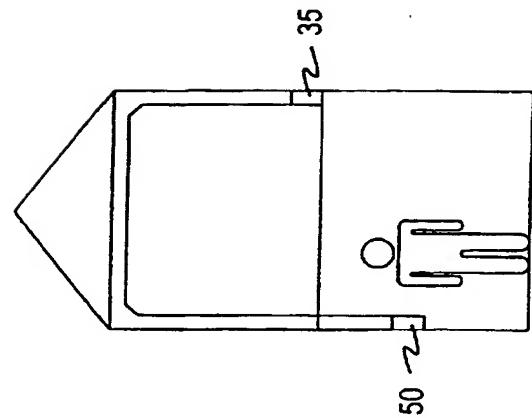


FIG. 8

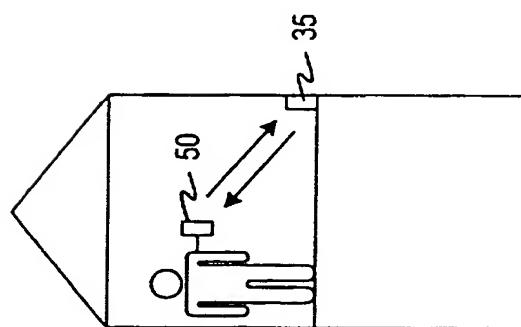


FIG. 7

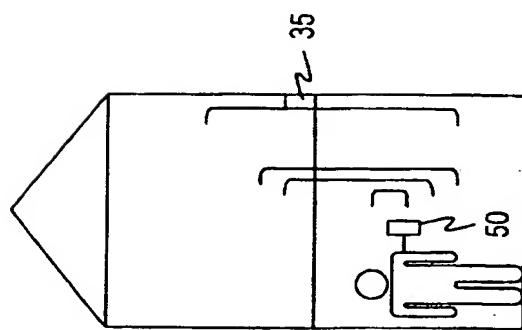


FIG. 6

5/7

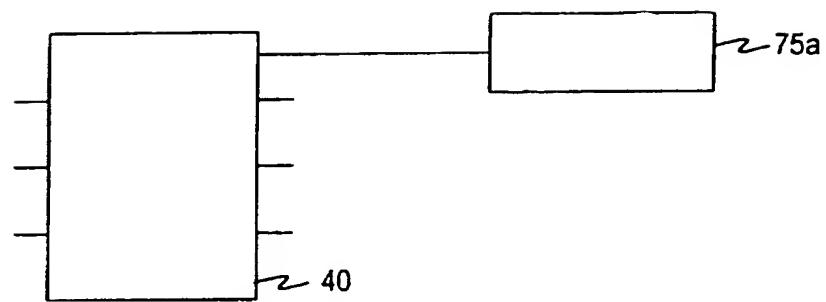


FIG. 9

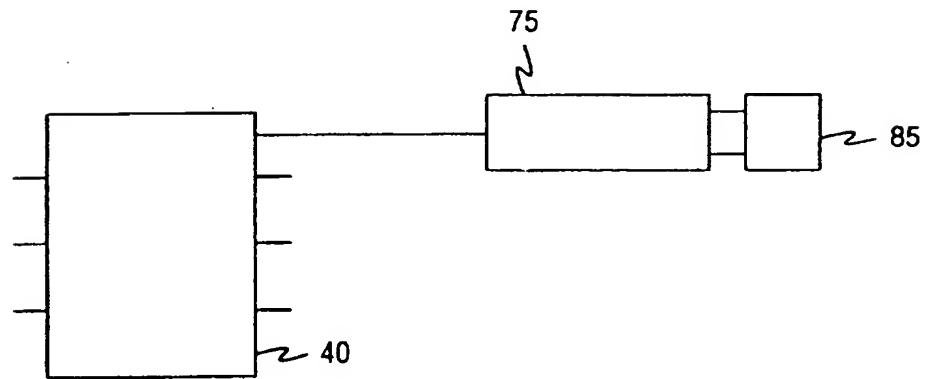


FIG. 10

6/7

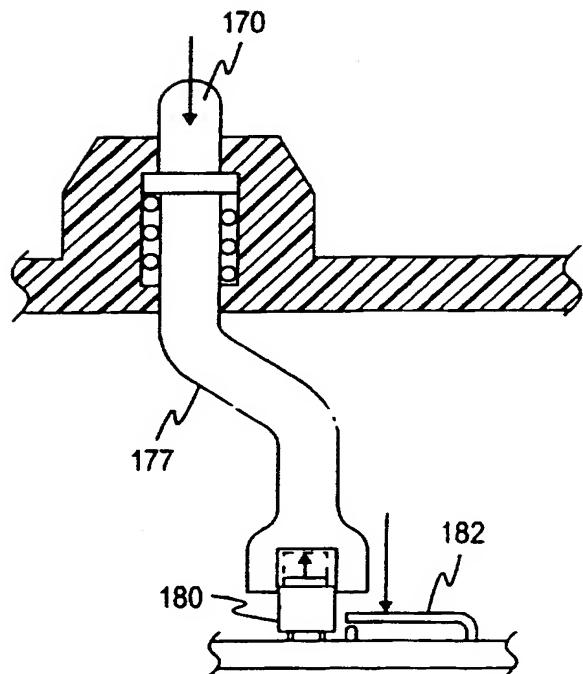


FIG. 11

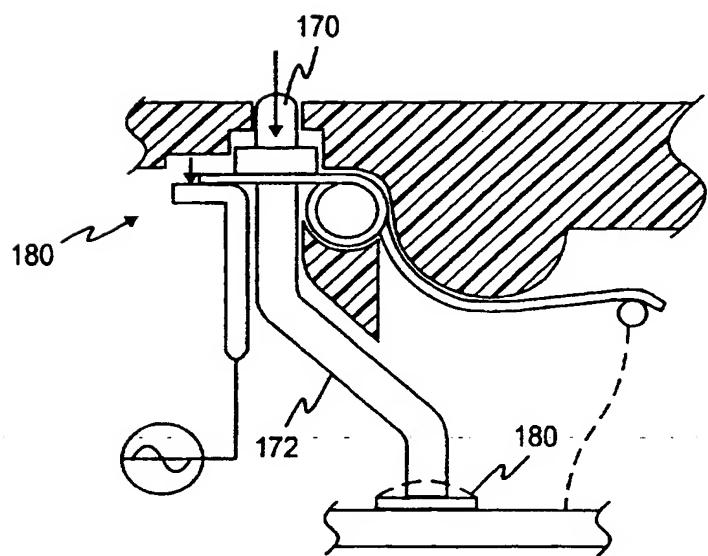


FIG. 12

7/7

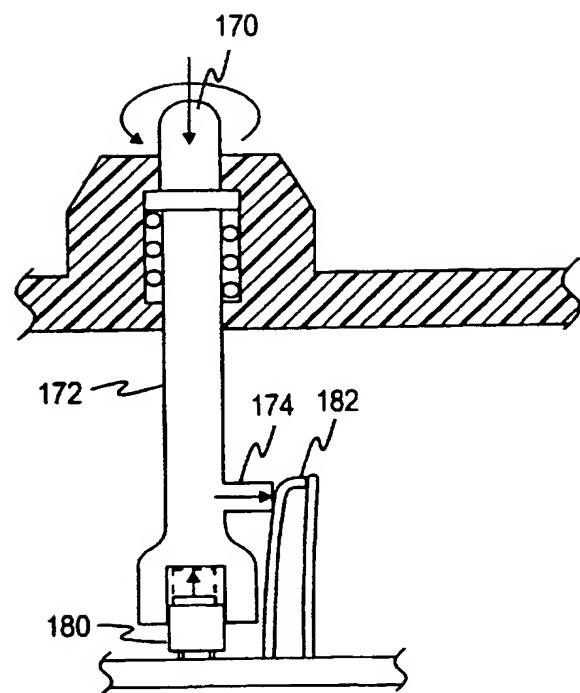


FIG. 13

THIS PAGE BLANK (USPTO)